

09/89023
PCT/JP00/08472

30.11.00

REC'D 15 DEC 2000

PCT

JP00/08472

日本特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年11月30日

KU

出願番号

Application Number:

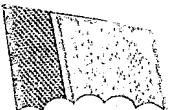
平成11年特許願第341207号

出願人

Applicant(s):

ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

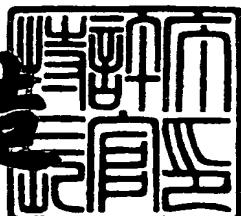


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2000年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3082353

【書類名】 特許願
【整理番号】 9900875704
【提出日】 平成11年11月30日
【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿
【国際特許分類】 H01R 9/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号ソニー株式会社内
【氏名】 佐部 浩太郎
【特許出願人】
【識別番号】 000002185
【氏名又は名称】 ソニー株式会社
【代表者】 出井 伸之
【代理人】
【識別番号】 100082740
【弁理士】
【氏名又は名称】 田辺 恵基
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 048253
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9709125
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ロボット装置及びその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

行動モデルを保持する保持手段と、
上記行動モデルの一部又は全部の状態空間を用いて行動を生成する行動生成手
段と
を具え、
上記行動生成手段は、
上記行動モデルのうちの上記行動生成に使用する上記状態空間を、拡大縮小さ
せながら変化させる
ことを特徴とするロボット装置。

【請求項2】

上記行動モデルは、確率状態遷移モデルでなり、
上記行動生成手段は、
上記行動モデルのうちの遷移確率を0とすることで遷移が禁止されていた状態
への当該遷移確率を0よりも大きい所定の値に変更することによって、上記行動
モデルのうちの上記行動生成に使用する上記状態空間を拡大する
ことを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項3】

上記行動モデルは、確率状態遷移モデルでなり、
上記行動生成手段は、
対象とする状態への遷移確率を0とすることによって、上記行動モデルのうち
の上記行動生成に使用する上記状態空間を縮小する
ことを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項4】

段階的に成長する成長モデルを有し、

上記行動生成手段は、

上記成長モデルの上記成長に合わせて上記行動モデルのうちの上記行動生成に

使用する状態空間を、拡大縮小させながら変化させる
ことを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項5】

状態遷移モデルでなる行動モデルを有し、当該行動モデルに基づいて行動を生成するロボット装置において、

上記行動モデルでは、所定のノードへの遷移が仮想的なノードでなる仮想ノードへの遷移として記述されると共に、当該仮想ノードに所定のノード群が割り当てられ、

上記仮想ノードに割り当てる上記ノード群を変更する変更手段を具える
ことを特徴とするロボット装置。

【請求項6】

段階的に成長する成長モデルを有し、

上記変更手段は、

上記成長モデルの上記成長に合わせて上記仮想ノードに割り当てる上記ノード群を変更する

を具えることを特徴とする請求項5に記載のロボット装置。

【請求項7】

行動モデルを有し、当該行動モデルに基づいて行動を生成するロボット装置の
制御方法において、

上記行動モデルの一部又は全部の状態空間を用いて上記行動を生成する第1の
ステップと、

上記行動モデルのうちの上記行動生成に使用する上記状態空間を、拡大縮小さ
せながら変化させる第2のステップと

を具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

【請求項8】

上記行動モデルは、確率状態遷移モデルでなり、

上記第2のステップでは、

上記行動モデルのうちの遷移確率を0とすることで遷移が禁止されていた状態
への当該遷移確率を0よりも大きい所定の値に変更することによって、上記行動

モデルのうちの上記行動生成に使用する上記状態空間を拡大することを特徴とする請求項7に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項9】

上記行動モデルは、確率状態遷移モデルでなり、
上記第2のステップでは、
対象とする状態への遷移確率を0とすることによって、上記行動モデルのうちの上記行動生成に使用する上記状態空間を縮小することを特徴とする請求項7に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項10】

上記ロボット装置は、段階的に成長する成長モデルを有し、
上記第2のステップでは、
上記成長モデルの上記成長に合わせて上記行動モデルのうちの上記行動生成に使用する状態空間を、拡大縮小させながら変化させることを特徴とする請求項7に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項11】

状態遷移モデルでなる行動モデルを有し、当該行動モデルに基づいて行動を生成するロボット装置の制御方法において、
上記行動モデルにおける所定のノードへの遷移を仮想的なノードでなる仮想ノードへの遷移として記述すると共に、当該仮想ノードに所定のノード群を割り当てる第1のステップと、
上記仮想ノードに割り当てる上記ノード群を変更する第2のステップとを具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

【請求項12】

上記ロボット装置は、段階的に成長する成長モデルを有し、
上記第2のステップでは、
上記成長モデルの上記成長に合わせて上記仮想ノードに割り当てる上記ノード群を変更することを特徴とする請求項11に記載のロボット装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はロボット装置及びその制御方法に関し、例えばペットロボットに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、本願特許請求人により4足歩行型のペットロボットが提案及び開発されている。かかるペットロボットは、一般家庭において飼育される犬や猫に似た形状を有し、「叩く」や「撫でる」といったユーザからの働きかけや、周囲の環境等に応じて自律的に行動し得るようになされたものである。

【0003】

またこのペットロボットには、ユーザからの「叩く」及び「撫でる」といった働きかけに基づいて対応する行動の発現確率を変化させる学習機能や、当該働きかけの累積及び経過時間等に基づいて行動の難易度や煩雑さのレベルを段階的に変化させる成長機能などが搭載されており、これにより『ペットロボット』としての高い商品性及びアミューズメント性を得ている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところでかかるペットロボットにおいては、各成長段階（以下、これを「成長ステージ」と呼ぶ）ごとに個別の確率状態遷移モデルでなる行動モデルを用意し、ユーザからの働きかけや経過時間の累積等に基づいて行動モデルを上の「成長ステージ」の行動モデルに切り換えることにより「成長」を表現していた。またかかるペットロボットにおいては、ユーザからの働きかけに応じて行動モデルの対応する箇所の遷移確率を変化させることにより、上述の「学習」を表現していた。

【0005】

ところがこの方法によると、「成長」することに行動モデルを新しい行動モデルに切り換えることから、「成長」の度に突然人格が変わってしまったかのごとく新しい行動を始めたり、それまでの「学習」の結果が破棄されることとなり、

それまでの行動パターンに慣れ親しんだユーザからみて不自然さを感じさせる問題があった。

【0006】

またかかる方法によると、重複した行動パターンがあったとしても各「成長ステージ」ごとにその行動パターンのための行動モデル部分を用意する必要があり、その分行動モデルの生成作業が煩雑化する問題があった。

【0007】

従って、例えば「成長」時において行動パターンや学習結果を次の「成長ステージ」に持ち越すことができるようできれば、上述のような「成長」時の不自然さを解消して、より一層生物的な「成長」を表現することができ、そのエンターテイメント性を向上させることができるものと考えられる。

【0008】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、エンターテイメント性を向上させ得るロボット装置及びその制御方法を提案しようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため本発明においては、ロボット装置において、行動モデルを保持する保持手段と、行動モデルの一部又は全部の状態空間を用いて行動を生成する行動生成手段とを設け、行動生成手段が、行動モデルのうちの行動生成に使用する状態空間を、拡大縮小させながら変化させるようにした。この結果このロボット装置では、行動生成に使用する状態空間が連続的に変化してゆくため、行動生成に使用する状態空間の変化の前後における行動出力の不連続性を低減することができる。

【0010】

また本発明においては、状態遷移モデルでなる行動モデルを有し、当該行動モデルに基づいて行動を生成するロボット装置において、行動モデルにおける所定のノードへの遷移を仮想的なノードでなる仮想ノードへの遷移として記述し、当該仮想ノードに所定の第1のノード群を割り当てると共に、仮想ノードに割り当てるノード群を変更する変更手段を設けるようにした。この結果このロボット装

置では、基本となる行動モデルが固定化されているため、出力行動に一貫性をもたせることができる。

【0011】

さらに本発明においては、ロボット装置の制御方法において、行動モデルの一部又は全部の状態空間を用いて行動を生成する第1のステップと、行動モデルのうちの行動生成に使用する状態空間を、拡大縮小させながら変化させる第2のステップとを設けるようにした。この結果このロボット装置の制御方法によれば、行動生成に使用する状態空間が連続的に変化してゆくため、行動生成に使用する状態空間の変更の前後における行動出力の不連続性を低減することができる。

【0012】

さらに本発明によれば、ロボット装置の制御方法において、行動モデルにおける所定のノードへの遷移を仮想的なノードでなる仮想ノードへの遷移として記述すると共に、当該仮想ノードに所定のノード群を割り当てる第1のステップと、仮想ノードに割り当てるノード群を変更する第2のステップとを設けるようにした。この結果このロボット装置の制御方法によれば、基本となる行動モデルが固定化されているため、出力行動に一貫性をもたせることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【0014】

(1) 第1の実施の形態

(1-1) 第1の実施の形態によるペットロボットの構成

図1において、1は全体として第1の実施の形態によるペットロボットを示し、胴体部ユニット2の前後左右にそれぞれ脚部ユニット3A～3Dが連結されると共に、胴体部ユニット2の前端部及び後端部にそれぞれ頭部ユニット4及び尻尾部ユニット5が連結されることにより構成されている。

【0015】

胴体部ユニット2には、図2に示すように、CPU (Central Processing Unit) 10、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 11、フラッシュROM

(Read Only Memory) 12、P C (Personal Computer) カードインターフェース回路 13 及び信号処理回路 14 が内部バス 15 を介して相互に接続されることにより形成されたコントロール部 16 と、このペットロボット 1 の動力源としてのバッテリ 17 とが収納されている。また胴体部ユニット 2 には、ペットロボット 1 の向きや動きの加速度を検出するための角速度センサ 18 及び加速度センサ 19 なども収納されている。

【0016】

また頭部ユニット 4 には、外部の状況を撮像するための C C D (Charge Coupled Device) カメラ 20 と、ユーザからの「撫でる」や「叩く」といった物理的な働きかけにより受けた圧力を検出するためのタッチセンサ 21 と、前方に位置する物体までの距離を測定するための距離センサ 22 と、外部音を集音するためのマイクロホン 23 と、鳴き声等の音声を出力するためのスピーカ 24 と、ペットロボット 1 の「目」に相当する L E D (Light Emitting Diode) (図示せず) などとがそれぞれ所定位置に配設されている。

【0017】

さらに各脚部ユニット 3 A～3 D の関節部分や、各脚部ユニット 3 A～3 D 及び胴体部ユニット 2 の各連結部分、頭部ユニット 4 及び胴体部ユニット 2 の連結部分、並びに尻尾部ユニット 5 の尻尾 5 A の連結部分などにはそれぞれ自由度数分のアクチュエータ 25₁～25_n 及びポテンショメータ 26₁～26_n が配設されている。

【0018】

そしてこれら角速度センサ 18、加速度センサ 19、タッチセンサ 21、距離センサ 22、マイクロホン 23、スピーカ 24 及び各ポテンショメータ 26₁～26_n などの各種センサ並びに L E D 及び各アクチュエータ 25₁～25_n は、それぞれ対応するハブ 27₁～27_N を介してコントロール部 16 の信号処理回路 14 と接続され、C C D カメラ 20 及びバッテリ 17 は、それぞれ信号処理回路 14 と直接接続されている。

【0019】

このとき信号処理回路 14 は、上述の各センサから供給されるセンサデータや

画像データ及び音声データを順次取り込み、これらをそれぞれ内部バス15を介してDRAM11内の所定位置に順次格納する。また信号処理回路14は、これと共にバッテリ17から供給されるバッテリ残量を表すバッテリ残量データを順次取り込み、これをDRAM11内の所定位置に格納する。

【0020】

そしてこのようにしてDRAM11に格納された各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリ残量データは、この後CPU10がこのペットロボット1の動作制御を行う際に利用される。

【0021】

実際にCPU10は、ペットロボット1の電源が投入された初期時、胴体部ユニット2の図示しないPCカードスロットに装填されたメモリカード28又はフラッシュROM12に格納された制御プログラムをPCカードインターフェース回路13を介して又は直接読み出し、これをDRAM11に格納する。

【0022】

またCPU10は、この後上述のように信号処理回路14よりDRAM11に順次格納される各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリ残量データに基づいて自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけの有無などを判断する。

【0023】

さらにCPU10は、この判断結果及びDRAM11に格納した制御プログラムに基づいて続く行動を決定すると共に、当該決定結果に基づいて必要なアクチュエータ25₁～25_nを駆動させることにより、頭部ユニット4を上下左右に振らせたり、尻尾部ユニット5の尻尾5Aを動かせたり、各脚部ユニット3A～3Dを駆動させて歩行させるなどの行動を行わせる。

【0024】

またこの際CPU10は、必要に応じて音声データを生成し、これを信号処理回路14を介して音声信号としてスピーカ24に与えることにより当該音声信号に基づく音声を外部に出力させたり、上述のLEDを点灯、消灯又は点滅させる。

【0025】

このようにしてこのペットロボット1においては、自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけに応じて自律的に行動し得るようになされている。

【0026】

(1-2) 制御プログラムのソフトウェア構成

ここでペットロボット1における上述の制御プログラムのソフトウェア構成を図3に示す。この図3において、デバイス・ドライバ・レイヤ30は、この制御プログラムの最下位層に位置し、複数のデバイス・ドライバからなるデバイス・ドライバ・セット31から構成されている。この場合各デバイス・ドライバは、CCDカメラ20(図2)やタイマ等の通常のコンピュータで用いられるハードウェアに直接アクセスすることを許されたオブジェクトであり、対応するハードウェアからの割り込みを受けて処理を行う。

【0027】

またロボティック・サーバ・オブジェクト32は、デバイス・ドライバ・レイヤ30の上位層に位置し、例えば上述の各種センサやアクチュエータ25₁~25_n等のハードウェアにアクセスするためのインターフェースを提供するソフトウェア群であるバーチャル・ロボット33と、電源の切換えなどを管理するソフトウェア群であるパワーマネージャ34と、他の種々のデバイス・ドライバを管理するソフトウェア群であるデバイス・ドライバ・マネージャ35と、ペットロボット1の機構を管理するソフトウェア群であるデザインド・ロボット36とから構成されている。

【0028】

マネージャ・オブジェクト37は、オブジェクト・マネージャ38及びサービス・マネージャ39から構成されている。この場合オブジェクト・マネージャ38は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32、ミドル・ウェア・レイヤ40、及びアプリケーション・レイヤ41に含まれる各ソフトウェア群の起動や終了を管理するソフトウェア群であり、サービス・マネージャ39は、メモリカード28(図2)に格納されたコネクションファイルに記述されている各オブジェクト間の接続情報に基づいて各オブジェクトの接続を管理するソフトウェア群であ

る。

【0029】

ミドル・ウェア・レイヤ40は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32の上位層に位置し、画像処理や音声処理などのこのペットロボット1の基本的な機能を提供するソフトウェア群から構成されている。またアプリケーション・レイヤ41は、ミドル・ウェア・レイヤ40の上位層に位置し、当該ミドル・ウェア・レイヤ40を構成する各ソフトウェア群によって処理された処理結果に基づいてペットロボット1の行動を決定するためのソフトウェア群から構成されている。

【0030】

なおミドル・ウェア・レイヤ40及びアプリケーション・レイヤ41の具体的なソフトウェア構成をそれぞれ図4及び図5に示す。

【0031】

ミドル・ウェア・レイヤ40においては、図4からも明らかなように、音階認識用、距離検出用、姿勢検出用、タッチセンサ用、動き検出用及び色認識用の各信号処理モジュール50～55並びに入力セマンティクスコンバータモジュール56などを有する認識系57と、出力セマンティクスコンバータモジュール57並びに姿勢管理用、トラッキング用、モーション再生用、歩行用、転倒復帰、LED点灯用及び音再生用の各信号処理モジュール58～64などを有する出力系65とから構成されている。

【0032】

この場合認識系57の各信号処理モジュール50～55は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャル・ロボット33によりDRAM11(図2)から読み出される各センサデータや画像データ及び音声データのうちの対応するデータを取り込み、当該データに基づいて所定の処理を施して、処理結果を入力セマンティクスコンバータモジュール56に与える。

【0033】

入力セマンティクスコンバータモジュール56は、これら各信号処理モジュール50～55から与えられる処理結果に基づいて、「ボールを検出した」、「転

倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「動く物体を検出した」又は「障害物を検出した」などの自己及び周囲の状況や、ユーザからの指令及び働きかけを認識し、認識結果をアプリケーション・レイヤ41(図2)に出力する。

【0034】

アプリケーション・レイヤ41においては、図5に示すように、行動モデルライブラリ70、行動切換えモジュール71、学習モジュール72、感情モデル73及び本能モデル74の5つのモジュールから構成されている。

【0035】

この場合行動モデルライブラリ70には、図6に示すように、「バッテリ残量が少なくなった場合」、「転倒復帰する場合」、「障害物を回避する場合」、「感情を表現する場合」、「ボールを検出した場合」などの予め選択されたいつかの条件項目にそれぞれ対応させて、それぞれ独立した行動モデル $70_1 \sim 70_n$ が設けられている。

【0036】

そしてこれら行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール56から認識結果が与えられたときや、最後の認識結果が与えられてから一定時間が経過したときなどに、必要に応じて後述のように感情モデル73に保持されている対応する情動のパラメータ値や、本能モデル74に保持されている対応する欲求のパラメータ値を参照しながら続く行動をそれぞれ決定し、決定結果を行動切換えモジュール71に出力する。

【0037】

なおこの実施の形態の場合、各行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、次の行動を決定する手法として、図7に示すような1つのノード(状態) NODE₀ ~ NODE_nから他のどのノード NODE₀ ~ NODE_nに遷移するかを各ノード NODE₀ ~ NODE_n間を接続するアーケ ARC₁ ~ ARC_{n1}に対してそれぞれ設定された遷移確率 P₁ ~ P_nに基づいて確率的に決定する確率オートマトンと呼ばれるアルゴリズムを用いる。

【0038】

具体的に、各行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、それぞれ自己の行動モデル $70_1 \sim 70_n$ を形成する各ノード $NODE_0 \sim NODE_n$ にそれぞれ対応させて、これらノード $NODE_0 \sim NODE_n$ ごとの図8に示すような状態遷移表80を有している。

【0039】

この状態遷移表80では、そのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ において遷移条件とする入力イベント（認識結果）が「入力イベント名」の行に優先順に列記され、その遷移条件についてのさらなる条件が「データ名」及び「データ範囲」の行における対応する列に記述されている。

【0040】

従って図8の状態遷移表80で表されるノード $NODE_{100}$ では、「ボールを検出（BALL）」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるそのボールの「大きさ（SIZE）」が「0から1000」の範囲であることや、「障害物を検出（OBSTACLE）」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるその障害物までの「距離（DISTANCE）」が「0から100」の範囲であることが他のノードに遷移するための条件となっている。

【0041】

またこのノード $NODE_{100}$ では、認識結果の入力がない場合においても、行動モデル $70_1 \sim 70_n$ が周期的に参照する感情モデル73及び本能モデル74にそれぞれ保持された各情動及び各欲求のパラメータ値のうち、感情モデル73に保持された「喜び（JOY）」、「驚き（SURPRISE）」若しくは「悲しみ（SUDNESS）」のいずれかのパラメータ値が「50から100」の範囲であるときには他のノードに遷移することができるようになっている。

【0042】

また状態遷移表80では、「他のノードへの遷移確率」の欄における「遷移先ノード」の列にそのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ から遷移できるノード名が列記されると共に、「入力イベント名」、「データ値」及び「データの範囲」の行

に記述された全ての条件が揃ったときに遷移できる他の各ノードNODE₀～NODE_nへの遷移確率が「他のノードへの遷移確率」の欄内の対応する箇所にそれぞれ記述され、そのノードNODE₀～NODE_nに遷移する際に出力すべき行動が「他のノードへの遷移確率」の欄における「出力行動」の行に記述されている。なお「他のノードへの遷移確率」の欄における各行の確率の和は100 [%]となっている。

【0043】

従って図8の状態遷移表80で表されるノードNODE₁₀₀では、例えば「ボールを検出(BALL)」し、そのボールの「SIZE(大きさ)」が「0から1000」の範囲であるという認識結果が与えられた場合には、「30 [%]」の確率で「ノードNODE₁₂₀ (node 120)」に遷移でき、そのとき「ACTION 1」の行動が出力されることとなる。

【0044】

そして各行動モデル70₁～70_nは、それぞれこのような状態遷移表80として記述されたノードNODE₀～NODE_nがいくつも繋がるようにして構成されており、入力セマンティクスコンバータモジュール56から認識結果が与えられたときなどに、対応するノードNODE₀～NODE_nの状態遷移表80を利用して確率的に次の行動を決定し、決定結果を行動切換えモジュール71に出力するようになされている。

【0045】

行動切換えモジュール71は、行動モデルライブラリ70の各行動モデル70₁～70_nからそれぞれ出力される行動のうち、予め定められた優先順位の高い行動モデル70₁～70_nから出力された行動を選択し、当該行動を実行すべき旨のコマンド(以下、これを行動コマンドと呼ぶ)をミドル・ウェア・レイヤ40の出力セマンティクスコンバータ57に送出する。なおこの実施の形態においては、図6において下側に表記された行動モデル70₁～70_nほど優先順位が高く設定されている。

【0046】

また行動切換えモジュール71は、行動完了後に出力セマンティクスコンバ

タ57から与えられる行動完了情報に基づいて、その行動が完了したことを学習モジュール72、感情モデル73及び本能モデル74に通知する。

【0047】

一方、学習モジュール72は、入力セマンティクスコンバータ56から与えられる認識結果のうち、「叩かれた」や「撫でられた」など、ユーザからの働きかけとして受けた教示の認識結果を入力する。

【0048】

そして学習モジュール72は、この認識結果及び行動切換えモジュール71からの通知に基づいて、「叩かれた（叱られた）」ときにはその行動の発現確率を低下させ、「撫でられた（誉められた）」ときにはその行動の発現確率を上昇させるように、行動モデルライブラリ70における対応する行動モデル $70_1 \sim 70_n$ の対応する遷移確率を変更する。

【0049】

他方、感情モデル73は、「喜び(joy)」、「悲しみ(sadness)」、「怒り(anger)」、「驚き(surprise)」、「嫌悪(disgust)」及び「恐れ(fear)」の合計6つの情動について、各情動ごとにその情動の強さを表すパラメータを保持している。そして感情モデル73は、これら各情動のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール56から与えられる「叩かれた」及び「撫でられた」などの特定の認識結果と、経過時間及び行動切換えモジュール71からの通知となどに基づいて順次更新するようになされている。

【0050】

具体的に感情モデル73は、入力セマンティクスコンバータ56からの認識結果及びそのときのペットロボット1の行動がその情動に対して作用する度合い（予め設定されている）と、本能モデル74が保持している各欲求のパラメータ値及びそのときのペットロボット1の行動がその情動に対して作用する度合い（予め設定されている）と、他の情動から受ける抑制及び刺激の度合いと、経過時間となどに基づいて所定の演算式により算出されるその情動の変動量を $\Delta E[t]$ 、現在のその情動のパラメータ値を $E[t]$ 、認識結果等に応じてその情動を変化させる割合（以下、これを感度と呼ぶ）を表す係数を k_e として、所定周期で

次式

【0051】

【数1】

$$E [t + 1] = E [t] + k_i \times \Delta E [t] \quad \cdots \cdots (1)$$

【0052】

を用いて次の周期におけるその情動のパラメータ値 $E [t + 1]$ を算出する。

【0053】

そして感情モデル73は、この演算結果を現在のその情動のパラメータ値 $E [t]$ と置き換えるようにしてその情動のパラメータ値を更新する。なお各認識結果や行動切換えモジュール71からの通知に対してどの情動のパラメータ値を更新するかは予め決められており、例えば「叩かれた」といった認識結果が与えられた場合には「怒り」の情動のパラメータ値が上がり、「撫でられた」といった認識結果が与えられた場合には「喜び」の情動のパラメータ値が上がる。

【0054】

これに対して本能モデル74は、「運動欲 (exercise)」、「愛情欲 (affection)」、「食欲 (appetite)」及び「好奇心 (curiosity)」の互いに独立した4つの欲求について、これら欲求ごとにその欲求の強さを表すパラメータを保持している。そして本能モデル74は、これら欲求のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール56から与えられる認識結果や、経過時間及び行動切換えモジュール71からの通知などに基づいて順次更新するようになされている。

【0055】

具体的に本能モデル74は、「運動欲」、「愛情欲」及び「好奇心」については、ペットロボット1の行動出力、経過時間及び認識結果などに基づいて所定の演算式により算出されるその欲求の変動量を $\Delta I [k]$ 、現在のその欲求のパラメータ値を $I [k]$ 、その欲求の感度を表す係数を k_i として、所定周期で次式

【0056】

【数2】

$$I_{[k+]} = I_{[k]} + k_i \times \Delta I_{[k]} \quad \dots \dots (2)$$

【0057】

を用いて次の周期におけるその欲求のパラメータ値 $I_{[k+1]}$ を算出し、この演算結果を現在のその欲求のパラメータ値 $I_{[k]}$ と置き換えるようにしてその欲求のパラメータ値を更新する。なお行動出力や認識結果等に対してどの欲求のパラメータ値を変化させるかは予め決められており、例えば行動切換えモジュール71からの通知（行動を行ったとの通知）があったときには「運動欲」のパラメータ値が下がる。

【0058】

また本能モデル74は、「食欲」については、入力セマンティクスコンバータモジュール56を介して与えられるバッテリ残量データに基づいて、バッテリ残量を B_L として、所定周期で次式

【0059】

【数3】

$$I_{[k]} = 100 - B_L \quad \dots \dots (3)$$

【0060】

により「食欲」のパラメータ値 $I_{[k]}$ を算出し、この演算結果を現在の食欲のパラメータ値 $I_{[k]}$ と置き換えるようにして当該「食欲」のパラメータ値を更新する。

【0061】

なお本実施の形態においては、各情動及び各欲求のパラメータ値がそれぞれ0から100までの範囲で変動するように規制されており、また係数 k_e 、 k_i の値も各情動及び各欲求ごとに個別に設定されている。

【0062】

一方、ミドル・ウェア・レイヤ40の出力セマンティクスコンバータモジュー

ル57は、図4に示すように、上述のようにしてアプリケーション・レイヤ41の行動切換えモジュール71から与えられる「前進」、「喜ぶ」、「鳴く」又は「トラッキング（ボールを追いかける）」といった抽象的な行動コマンドを出力系65の対応する信号処理モジュール58～64に与える。

【0063】

そしてこれら信号処理モジュール58～64は、行動コマンドが与えられると当該行動コマンドに基づいて、その行動を行うために対応するアクチュエータ25₁～25_n（図2）に与えるべきサーボ指令値や、スピーカ24（図2）から出力する音の音声データ及び又は「目」のLEDに与える駆動データを生成し、これらのデータをロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャルロボット33及び信号処理回路14（図2）を順次介して対応するアクチュエータ25₁～25_n、スピーカ24又はLEDに順次送出する。

【0064】

このようにしてこのペットロボット1においては、制御プログラムに基づいて、自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけに応じた自律的な行動を行うことができるようになされている。

【0065】

（1-3）ペットロボット1の成長モデル

次にこのペットロボット1に搭載された成長機能について説明する。このペットロボット1には、ユーザからの働きかけ等に応じて、あたかも「成長」するかのごとく行動を変化させてゆく成長機能が搭載されている。

【0066】

すなわちこのペットロボット1には、成長過程として「誕生期」、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の5つの「成長ステージ」が設けられている。そしてアプリケーション・レイヤ41の行動モデルライブラリ70（図5）には、上述した「バッテリ残量が少なくなった場合」等の各条件項目のうち、「モーション（動き）」や「行動」などの「成長」に関係した全ての条件項目（以下、これを成長関連条件項目と呼ぶ）について、図9に示すように、行動モデル70_kとして、「誕生期」、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成

人期」にそれぞれ対応させた行動モデル $70_{k(1)} \sim 70_{k(5)}$ が設けられている。そして行動モデルライブラリ71では、これら成長関連条件項目について、初期時には「誕生期」の行動モデル $70_{k(1)}$ を用いて次の行動を決定するようになされている。

【0067】

この場合「誕生期」の各行動モデル $70_{k(1)}$ はノードNODE₀～NODE_n（図7）の数が少なく、またこれら行動モデル $70_{k(1)}$ から出力される行動の内容も「パターン1（「誕生期」用の歩行パターン）で前進」や、「パターン1（「誕生期」用の鳴き声パターン）で鳴く」のように、「誕生期」に対応した行動又は動作内容となっている。

【0068】

かくしてこのペットロボット1においては、初期時には「誕生期」の各行動モデル $70_{k(1)}$ に従って、例えば「モーション」については単に「歩く」、「立つ」、「寝る」程度の「単純」な動きとなるように、「行動」については同じ行動を繰り返し行うことにより「単調」となるように行動する。

【0069】

またこのときアプリケーション・レイヤ41の学習モジュール72（図5）は、その内部に「成長」の度合いを表すパラメータ（以下、これを成長パラメータと呼ぶ）を保持しており、入力セマンティクスコンバータモジュール56から与えられる認識結果や経過時間情報などに基づいて、成長パラメータの値を「撫でられた」や「叩かれた」等のユーザからの働きかけ（教示）の回数や経過時間等に応じて順次更新するようになされている。

【0070】

そして学習モジュール72は、ペットロボット1に電源が投入される度にこの成長パラメータの値を評価し、当該値が「幼年期」に対応させて予め設定された閾値を越えた場合には、これを行動モデルライブラリ70に通知する。また行動モデルライブラリ70は、この通知が与えられると、上述の各成長関連条件項目について、それぞれ使用する行動モデルを「幼年期」の行動モデル $70_{k(2)}$ に変更する。

【0071】

このとき「幼年期」の各行動モデル $70_{k(2)}$ は「誕生期」の行動モデル $70_{k(1)}$ よりもノードNODE₀～NODE_nの数が多く、またこれら行動モデル $70_{k(2)}$ から出力される行動の内容も「幼年期」の行動に比べて難易度や複雑さのレベル（成長レベル）が高くなっている。

【0072】

かくしてこのペットロボット1においては、この後はこれら行動モデル $70_{k(2)}$ に従って、例えば「モーション」については行動の数が増加することにより「少しは高度かつ複雑」な動きとなるように、また「行動」については「少しは目的をもった」行動となるように行動する。

【0073】

さらに学習モジュール74は、この後上述の場合と同様にして、成長パラメータの値が「少年期」、「青年期」及び「成人期」にそれぞれ対応させて予め設定された各閾値を越える度にこれを行動モデルライブラリ71に通知する。また行動モデルライブラリ71は、この通知が与えられる度に上述の各成長関連条件項目について、それぞれ使用する行動モデルを「少年期」、「青年期」及び「成人期」の行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ に順次変更する。

【0074】

このとき「少年期」、「青年期」及び「成人期」の各行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ は、それぞれ「成長ステージ」が上がるにつれてノードNODE₀～NODE_nの数が多くなり、またこれら行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ から出力される行動の内容も「成長ステージ」が上がるにつれて行動の難易度や複雑さのレベルが高くなっている。

【0075】

この結果このペットロボット1では、「成長ステージ」が上がる（すなわち「誕生期」から「幼年期」、「幼年期」から「少年期」、「少年期」から「青年期」、「青年期」から「成人期」に変化する）に従って、「モーション」が「単純」から「高度・複雑」に、また「行動」が「単調」から「目的をもった行動」に順次段階的に変化する。

【0076】

このようにしてこのペットロボット1においては、ユーザから与えられる教示や時間経過に応じて、行動及び動作が「誕生期」、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の5段階で「成長」するようになされている。

【0077】

なおこの実施の形態の場合、ペットロボット1の成長モデルは、図10に示すように「少年期」以降において枝分かれするモデルとなっている。

【0078】

すなわちこのペットロボット1の場合、アプリケーション・レイヤ41(図5)の行動モデルライブラリ70には、上述の各成長関連条件項目について、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ としてそれぞれ複数の行動モデルが用意されている。

【0079】

実際に、各成長関連条件項目の例えば「少年期」の行動モデル $70_{k(3)}$ としては、動きが雑で速い「荒々しい」性格の行動を行わせるための行動モデル(CHILD 1)と、これよりも動きが滑らかで遅い「おっとり」とした性格の行動を行わせるための行動モデル(CHILD 2)とが用意されている。

【0080】

また「青年期」の行動モデル $70_{k(4)}$ としては、「少年期」の「荒々しい」性格よりもより動きが雑で速い「いらいら」した性格の行動を行わせるための行動モデル(YOUNG 1)と、これよりも動きが遅くかつ滑らかな「普通」の性格の行動及び動作を行わせるための行動モデル(YOUNG 2)と、これよりも一層動作が遅くかつ行動量が少ない「おっとり」とした性格の行動を行わせるための行動モデル(YOUNG 3)とが用意されている。

【0081】

さらに「成人期」の行動モデル $70_{k(5)}$ としては、「青年期」の「いらいら」した性格よりもより動きが雑で速く、かつ非常に怒りやすい「攻撃的」な性格の行動を行わせるための行動モデル(ADULT 1)と、これよりも動きが滑らかで遅く、かつ怒りやすい「荒々しい」性格の行動を行わせるための行動モデル(ADUL

T 2) と、これよりも動きが滑らかで遅く、かつ行動量が少ない「おとなしい」性格の行動を行わせるための行動モデル (ADULT 3) と、これよりもさらに一層動きが遅く、かつ行動量が少ない「静かな」性格の行動を行わせるための行動モデル (ADULT 4) とが用意されている。

【0082】

そしてアプリケーション・レイヤ41の学習モジュール72(図5)は、上述のように行動モデルライブラリ70に対して「成長ステージ」を上げさせるための通知を行う際に、「少年期」以降では、その「成長ステージ」において「叩かれた」及び「撫でられた」回数等に基づいて、各成長関連条件項目の次の「成長ステージ」の行動モデルとしてどの「性格」の行動モデル (CHILD 1、CHILD 2、YOUNG 1～YOUNG 3、ADULT 1～ADULT 4) を用いるかを指定する。

【0083】

この結果、行動モデルライブラリ70は、この指定に基づいて、各成長関連条件項目について、「少年期」以降では使用する行動モデル $70_k(3) \sim 70_k(5)$ を指定された「性格」の行動モデル (CHILD 1、CHILD 2、YOUNG 1～YOUNG 3、ADULT 1～ADULT 4) にそれぞれ変更する。

【0084】

この場合「少年期」以降では、次の「成長ステージ」に移る際、現在の「成長ステージ」での「性格」によって次の「成長ステージ」での「性格」が決まっており、図10において矢印で結ばれた「性格」間での移行しかできない。従って例えば「少年期」において「荒々しい」性格の行動モデル (CHILD 1) が用いられている場合には、「青年期」において「おっとり」とした性格の行動モデル (YOUNG 3) に移行することができない。

【0085】

このようにこのペットロボット1においては、あたかも本物の動物が飼い主の飼育の仕方等によって性格を形成してゆくかのごとく、ユーザからの働きかけ等に応じて、「成長」に伴って「性格」をも変化させてゆくようになされている。

(1-4) 行動モデル 70_k の具体構成

次に、上述した各成長関連条件項目の行動モデル 70_k (図9) の具体構成に

【図17】

103

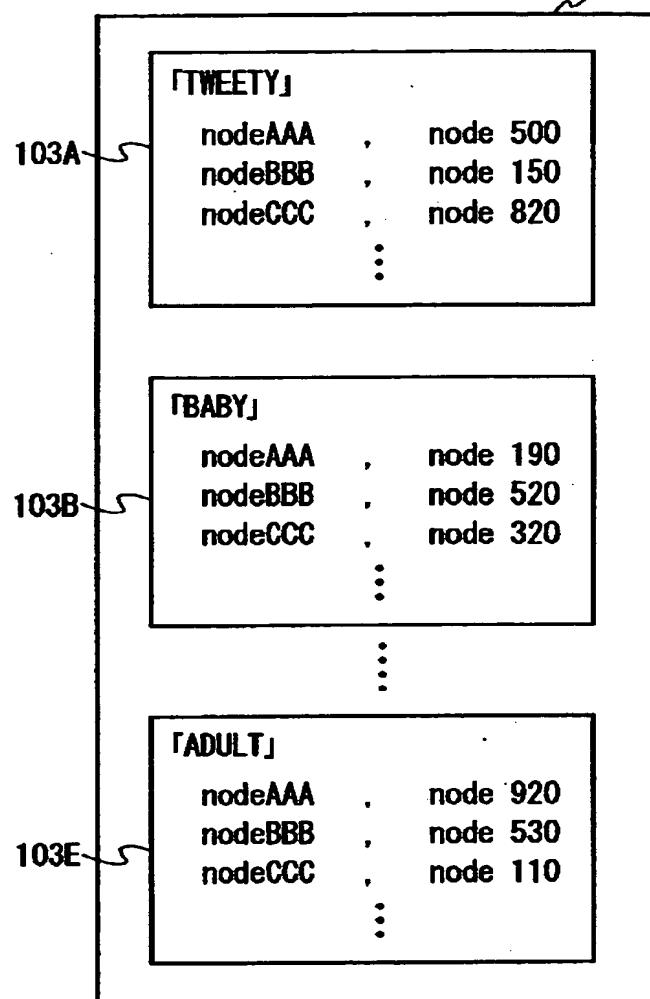


図17 第2の実施の形態における差分ファイル

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

従来のペットロボットでは、自然な成長を表現し難かった。

【解決手段】

ロボット装置及びその制御方法において、行動モデルの一部又は全部の状態空間を用いて行動を生成し、その状態空間を、拡大縮小させながら変化させるようにした。またロボット装置及びその制御方法において、確率状態遷移モデルでなる行動モデルにおける所定のノードへの遷移を仮想的なノードでなる仮想ノードへの遷移として記述し、当該仮想ノードに所定の第1のノード群を割り当てると共に、仮想ノードに割り当てるノード群を順次変更するようにした。

【選択図】 図11

出願人履歴情報

識別番号 [00002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社